

Title	Gamma-Ray Bursts from First Stars and Ultra-Long Gamma-Ray Bursts(Abstract_要旨)
Author(s)	Nakauchi, Daisuke
Citation	Kyoto University (京都大学)
Issue Date	2015-03-23
URL	http://dx.doi.org/10.14989/doctor.k18791
Right	学位規則第9条第2項により要約公開
Type	Thesis or Dissertation
Textversion	none

(続紙 1)

京都大学	博 士 (理 学)	氏名	仲内 大翼
論文題目	Gamma-Ray Bursts from First Stars and Ultra-Long Gamma-Ray Bursts (初代星を起源としたガンマ線バーストとウルトラ・ロング・ガンマ線バースト)		
(論文内容の要旨)			
<p>ガンマ線バースト (GRB) とは宇宙論的な 100 億光年程度の彼方から 0.1 秒から数十秒の間、光子のエネルギーが $E_p=100\text{keV}$ 程度のガンマ線が到来する現象である。その光度は我々が見渡せる限りの銀河の光度の和に匹敵する。1998 年以来、GRB のうち、継続時間が 2 秒から 100 秒の長い GRB (LGRB) 中には、H と He の線スペクトルのない Type Ic 型の超新星を伴うものが発見され、H と He の外層を失った Wolf-Rayet 星 (WR 星) が LGRB の起源として有力視されるようになった。</p> <p>一方、宇宙の初期の赤方偏移 (z) が $z=6-30$ の時期には炭素以上の重元素のない種族 III 星と呼ばれる初代星が形成されたと考えられているが、観測的にはその存在の確認には至っていない。申請者は、質量が太陽質量の 40 倍程度と考えられている種族 III の星が GRB を起こすかどうか調べた。WR 星との大きな違いは金属がないため質量放出が起きずに H と He の外層が残ると考えられる点である。WR 星の場合、中心で鉄が出来る所まで星が進化すると中心が重力崩壊してブラックホール (BH) が出来る。その後、星の物質は BH に落下して降着円盤を作り jet が発生する。星の最外層が BH に落下するまでに、jet が最外層を突き抜ける事が可能であれば、GRB になると考えられ、WR 星の場合可能である。種族 III 星では H と He からなる厚い外層があるため、WR 星と同様に jet が突き抜けられるかどうかは明らかではなかった。申請者は相対論的な jet による衝撃波の速度の評価法を種族 III 星に適用し、jet が突き抜けられる事を示した。その結果、種族 III 星が GRB を起こし、その全等方エネルギー E_{iso} は 10^{54}erg、全等方光度 L_p は $6 \times 10^{50}\text{erg s}^{-1}$ で継続時間は種族 III 星の赤方偏移を $z=9$ として、$6 \times 10^4\text{s}$ に達し LGRB の継続時間を遥かに超える Ultra Long GRB (ULGRB) となる事を発見した。また、E_p と E_{iso} や L_p に関する経験則である Amati 関係式や米徳関係式を用いて観測される GRB の光子のエネルギー E_p がそれぞれ 120keV 程度と 5.5keV 程度になると予言した。そして、現有の衛星では検出は難しいが、将来計画である EXIST や Lobster では可能である事を示した。申請者が、この結果を学術誌に発表した後、赤方偏移は $z=0.677, 0.847, 1.773$ と小さいが継続時間が $15000\text{s}, 2000\text{s}, 10000\text{s}$ と非常に長くて、種族 III 星起原の GRB と同じ特徴を持つ 3 つの ULGRB : GRB11209A、GRB101225A、GRB121027A の発見が報告された。金属量の少ない質量の大きい星は種族 III 星と同じような H と He の外層がある青色超巨星で重力崩壊をするので、ULGRB の青色超巨星起源説が有力になった。</p> <p>観測された 3 つの ULGRB には、GRB 後、10-50 日に通常の超新星 (SN) の 100 倍程度まで明るい Super Luminous SN (SLSN) を伴うのも大きな特徴であった。申請者は jet が青色超巨星の外層を突き破る過程で衝撃波の横方向に熱い繭 (cocoon) を作る事に着目した。この cocoon は jet が突き抜けた後に火の玉となり、最終的には星の外層を吹き飛ばす。この時に放射される輻射が SLSN ではないかとする SLSN=CFPE (Cocoon Fire ball Photospheric Emission model) 説を展開した。その結果、jet の開き角等のいくつかのパラメータを調節すると、3 つの ULGRB の SLSN の光度曲線を赤外線から紫外線までの観測バンドでそれぞれ観測に非常に良く一致する理論モデルを作る事に成功した。</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

種族III星がGRBを起こすかどうかに関しては以前に太陽質量の1000倍程度の場合の研究があったが、種族III星の研究のその後の進展で、出来た星の紫外線の効果を考えると質量は太陽質量の20-100倍程度になるという説が有力になった。申請者がこの新しい結果を考量して種族III星がGRBを起こすかどうかを直ちに再検討した事は評価出来る。その結果、ULGRBという、LGRBやSGRBとは異なる新しい3つ目のGRBの種族を予言した。さらに、Amati関係式や米徳関係式を用いてULGRBのガンマ線による観測可能性をスペクトルの予想までして示した。また、電波の残光の観測可能性も示している。これらの予言は観測・理論にまたがる新しい知見である。

申請者が上の結果を学術誌に発表した後に、種族III星ではないが、予言されたULGRBと同じ長い継続時間(2000s-15000s)を持つGRBが3つも報告され、それがULGRB=青色超巨星説に発展した。しかし、ガンマ線の観測だけではULGRBを説明するモデルはいくつもある事が知られているので、申請者は3つのULGRBに伴うSLSNに着目した。ULGRBの青色超巨星モデルでjetが星を貫く時に生じる熱い繭が星の外層を突き破るときに放射が起こるとするCFPEモデルを提案し、観測と見事なくらいに一致するSLSNの紫外から赤外にまで至る理論的な光度曲線を得ている。このようにして、青色超巨星がULGRB、SLSN=CFPEを起こすと言う新しい有力なモデルの構築に成功した。これは新しい知見であり、SLSNのみが見える場合や種族III星の確認に寄与出来る可能性があるので高く評価出来る。

また、申請者は、種族III星の形成に置ける重水素分子の効果も論じている。宇宙線による加熱の効果を入れると重水素分子の寄与は無視出来ない場合があることを示しており、評価出来る。

よって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成27年1月15日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

なお、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、(平成 年 月 日までの間)当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

要旨公表可能日： 年 月 日以降